

PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA FINS DE ANÁLISE DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM RIOS

*Isabelle T. C. e Silva*¹; Arthur dos S. Barbosa¹; Catarina H. I. A. Siqueira¹; Maria Isabel Martins¹; Ana I. F. da Mata¹; Hersilia de Andrade e Santos¹*

Resumo – Os impactos advindos da erosão, transporte e deposição dos sedimentos têm se intensificado no Brasil e fatores, tais como alterações antrópicas da superfície terrestre e mudanças climáticas, contribuem para aceleração deste processo. Diante das consequências econômicas e ambientais dos impactos relacionados ao transporte de sedimentos em rios faz-se necessário o monitoramento do deslocamento destas partículas. No Brasil, poucas são as estações sedimentológicas em comparação ao potencial hídrico das bacias brasileiras. Diante disso, protocolos de avaliação rápida, normalmente aplicados para análises da qualidade de rios em termos de habitats físicos, podem ser uma fonte de informação importante para transporte de sedimentos. O presente trabalho aplicou estes protocolos em rios de primeira e segunda ordem localizados a montante dos reservatórios das usinas de Nova Ponte e Três Marias, ambas localizadas em Minas Gerais. Verificou-se a partir de métricas calculadas que os rios de Três Marias apresentaram maior porcentagem de partículas finas, sendo este diagnóstico explicado pela menor vazão encontrada em comparação à Nova Ponte. Desta forma, os impactos antrópicos relacionados a retirada de água nas cabeceiras dos rios estão diretamente relacionados ao transporte de sedimentos de regiões localizadas a jusante e podem diminuir a capacidade em termos de volume útil de reservatórios.

Palavras-Chave – porcentagem de finos, diâmetro geométrico médio, reservatórios

PROTOCOLS OF RAPID ASSESSMENT FOR SEDIMENT TRANSPORT ANALYSES IN RIVERS

Abstract – The impacts related to sediments erosion, transport and deposition have been increased in Brazil and factors, such as anthropic alterations and climate changes, has been contributing to accelerate this process. Then, the monitoring of sediment path became necessary because the economical and environmental consequences of those impacts. In Brazil, there are few sedimentological station in comparison with the water potential of our watersheds. Therefore, protocols of rapid assessment, which is often applied for analyses of river quality in physical habitat aspect, could be a source of information about sediment transport. This work used those protocols in rivers of first and second order, that are located upstream of Nova Ponte and Três Marias reservoir, both in Minas Gerais state. The rivers of Três Marias show highest percentage of fine sediments that was explained by the lower discharges than Nova Ponte Rivers. Then, the anthropic impacts of water taking in upstream areas of rivers are straightly related to sedimentation in downstream regions and can decrease the useful storage of reservoir.

Keywords – fine percentage, mean geometric diameter, reservoirs

¹ Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

INTRODUÇÃO

Os impactos advindos dos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos têm sido mais intensos ao longo das últimas décadas. Os principais fatores que contribuem para estes processos são alterações antrópicas da superfície terrestre e as mudanças climáticas. (Marengo e Valverde, 2007; Kaufmann *et al.*, 1999; Rodrigues, 2002; Carvalho, 2008; FISRWG, 1998). A erosão pode ser considerada a etapa inicial do processo de transporte de sedimentos, e quando ocorre de forma não equilibrada, tem consequências diretas na degradação da calha do rio. Quando se tratam de reservatórios, as consequências desses impactos são consideravelmente visíveis tanto no aspecto econômico quanto no aspecto ambiental, como por exemplo, a perda do volume útil de reservatórios, abrasão em estruturas civis e mecânicas e perda de habitats físicos.

Estudos detalhados da erosão em bacia e do transporte de sedimentos no canal podem ser adotados para identificar as fontes geradoras e diagnosticar os impactos ambientais em rios (Kaufmann *et al.*, 2008). No entanto, normalmente esses estudos são caros e representam um alto custo para as empresas.

No Brasil, estudos sedimentológicos são particularmente importantes em razão da predominância da geração hidráulica de energia elétrica no país (Carvalho, 2008). Desse modo, para o Brasil, que possui uma disponibilidade hídrica superficial estimada em 8.160 km³/ano, equivalente a cerca de 18% do total do globo terrestre, o conhecimento quantitativo e qualitativo desse recurso natural de inestimável valor social, econômico e ambiental torna-se fundamental para o desenvolvimento do país (Carvalho, 2008).

Um método de avaliação de trechos de rios são os protocolos de avaliação rápida. Descrita por Kaufmann *et al.*, (1999), é atualmente utilizada como o método padrão para coleta de dados dos habitat de riachos de cabeceira pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) em seu Programa de Avaliação e Monitoramento Ambiental (EMAP). Este protocolo, que vem sendo replicada em projetos de pesquisa realizados em reservatórios de hidrelétricas de Minas Gerais, prioriza a coleta de habitat físico, ou seja, os elementos físicos considerados mais importantes na ecologia de riachos. Os principais são: dimensões do canal, gradiente, tipo e tamanho do substrato, cobertura ripária, e alterações antrópicas. Segundo Kaufmann *et al.* (1999), a aplicação deste método é mais eficiente na estação seca. Ou seja, esta técnica consiste em levantamentos de reconhecimento superficial com identificação, mapeamento e medição das principais características de habitat ao longo de um trecho do rio, em um espaço de tempo relativamente curto (Maddock, 1999).

Portanto, os objetivos deste trabalho são: diagnosticar os processos sedimentológicos a partir das informações dos protocolos de avaliação e fazer uma análise dos fatores que mais contribuem para os processos erosivos nas bacias estudadas (mata ciliar, uso ocupação, parâmetros geomorfológicos).

METODOLOGIA

Local de estudo

Nova Ponte

O reservatório de Nova Ponte situada no Triângulo Mineiro é alimentado principalmente pelos rios Araguari e Quebra-Anzol. O reservatório foi construído em 1993 com 443 km² e capacidade de armazenamento de 12,8 x10⁹ m³ (CEMIG, 1995) com o objetivo principal de

geração de energia. A precipitação média anual na região é de 1600 mm e o clima é classificado como tropical úmido e temperado de altitude (CBHSF, 2004).

O lago, com 443 Km², está localizado sobre rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia Sedimentar do Paraná. Trata-se de um reservatório de cabeceira com características predominantemente oligotróficas e um pequeno tempo de retenção (Rodrigues, 2002).

Três Marias

Situado no Alto São Francisco no estado de Minas Gerais, o reservatório de Três Marias possui uma área máxima de 1010 km² e mínima de 316 km², correspondendo respectivamente aos volumes de 19.528 e 4.250 hm³, com vazão média de 689 m³/s.

O clima predominante da região é o tropical úmido e temperado de altitude e média anual de precipitação varia de 1200 a 2000 mm (CBHSF, 2004). O trimestre mais chuvoso contribui com cerca de 55% a 60% do total anual precipitado, correspondendo, para a quase totalidade da bacia, aos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Amostragem e análises

Os protocolos propõem o estudo de 40 trechos de rios de segunda ordem em período de seca. Estes trechos, cuja aplicação dos protocolos pode ser feita por uma equipe de 4 pessoas andando no leito do rio, são escolhidos aleatoriamente permitindo uma quantidade representativa regional (USEPA, 2004).

O comprimento de cada trecho é determinado de acordo com a largura molhada do ponto médio no momento da amostragem, sendo que é especificado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, 40 vezes a largura molhada. Deve-se observar o comprimento mínimo de cada trecho de 150 metros. A partir deste ponto as medidas são alocadas sistematicamente de forma a representar todo o trecho estatisticamente (Figura 1). No trecho são estabelecidos 11 transectos igualmente espaçados, e entre cada transecto são realizadas 10 medições de talvegue ou 15 para rios com largura menor que 2,5 metros, também igualmente espaçadas (USEPA, 2004).

Os principais componentes do protocolo aplicadas para os estudos de sedimentologia são (USEPA, 2004):

- Perfil longitudinal: Em cada transecto mede-se a profundidade do talvegue; classifica-se o habitat aquático; determina-se a presença de sedimentos finos nos pontos onde é medido o talvegue e a largura molhada (Figura 2) . No ponto intermediário entre dois transectos mede-se a sinuosidade e a declividade.
- Seções Transversais: Mede-se a largura da seção; a profundidade em cinco pontos ao longo da linha perpendicular ao escoamento, sendo dois marginais e três no meio do canal, a altura da margem, o ângulo da margem e a cobertura riparia. Estima-se visualmente a classe granulométrica do substrato nos mesmos pontos onde é medida a profundidade. Leva-se em consideração as barreiras encontradas nos transectos.
- Vazão: Em riachos médios ou grandes, é medida a velocidade e a profundidade em uma seção uniforme subdividida em uma quantidade de 15 a 20 intervalos. Em pequenos riachos, a vazão é medida pelo tempo médio de enchimento de um balde.

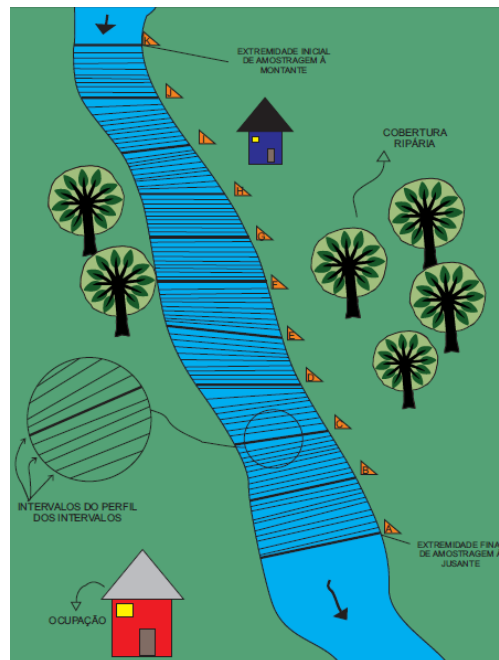


Figura 1: Divisão do trecho

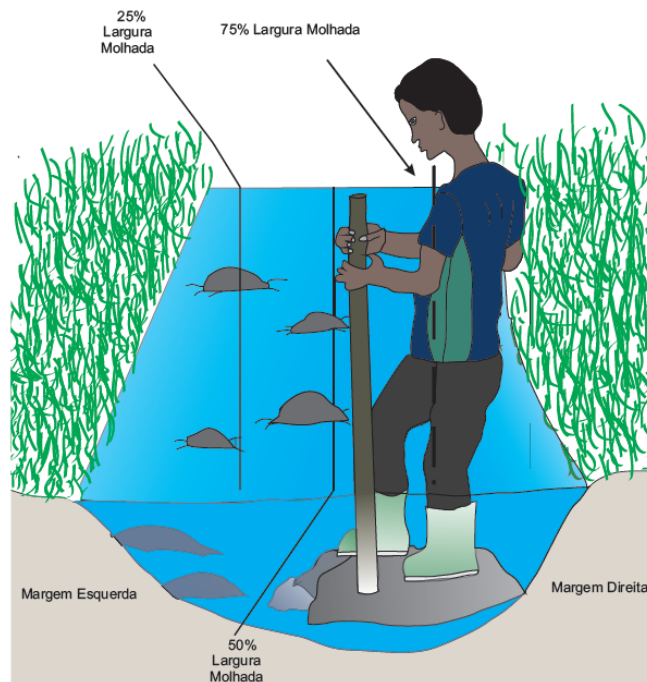


Figura 2: Medição do tamanho dos substratos e em transectos do canal

As métricas representam índices que podem estar relacionados a processos bióticos e abióticos dos rios e são calculadas através da média ou a porcentagem de observações de determinados parâmetros no trecho. Desta forma são calculados, a partir das informações coletadas no campo (como por exemplo largura, profundidade do canal). Conforme Kaufmann *et al.* (1999), as métricas de morfologia do canal são a porcentagem de habitats rápidos e a porcentagem de piscinas, a profundidade residual média, a profundidade media do talvegue, a largura media, a razão

largura por profundidade, o raio hidráulico médio do *bankfull*, a porcentagem de substrato fino e a densidade de cobertura ripária junto à margem. Além destas métricas foi calculada a vazão de cada trecho de rio.

Com o objetivo de comparar os aspectos sedimentológicos dos rios da região de Nova Ponte e de Três Marias, foram realizadas análises estatísticas que produziram gráficos do tipo “Box Plot”. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para verificar a diferença entre as médias. Aplicou-se o teste Duncan e as médias foram consideradas estatisticamente diferentes quando o p-valor foi menor ou igual 0,01. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica.

RESULTADOS

A aplicação dos protocolos de avaliação rápidas em os rios de Nova Ponte e Três Marias mostrou que, quanto à porcentagem de finos (Figura 3), ocorreram diferenças estatísticas entre os locais estudados. Os rios de Três Marias apresentaram maior porcentagem de finos nos trechos estudados. Este fato pode ser causado pela menor potência destes rios no transporte de sedimentos, em relação aos rios de Nova Ponte, ou pelo elevado aporte de sedimento fino aos trechos. Já a análise do diâmetro geométrico médio das partículas de sedimento (Figura 4) indicou um maior diâmetro para os rios de Três Marias. Como o diâmetro geométrico médio está diretamente relacionado à capacidade de transporte este sedimento de um rio (Kaufmann *et al.*, 2008), conclui-se que a potência dos rios de Três Marias é maior. Também se percebe, pelo baixo desvio padrão de Nova Ponte, que seus trechos de rios são homogêneos considerando o Dgm.

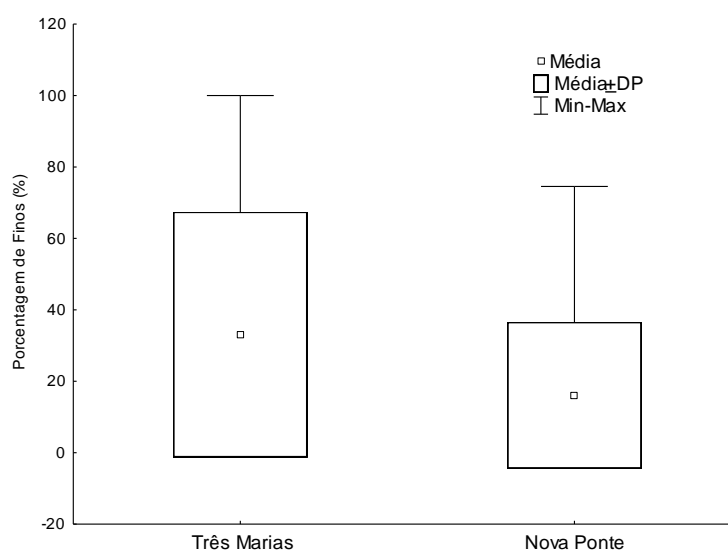


Figura 3: Porcentagem de finos (%) encontrada nos rios de Três Marias e Nova Ponte

A densidade da cobertura ripária (Figura 5) não apresentou diferença significativa entre as médias pelo teste Duncan. Desta forma, a cobertura ripária não é capaz de explicar a grande quantidade de finos encontrada em Três Marias. Segundo Kaufmann *et al.* (2008), esta é uma das principais causas de desequilíbrio na quantidade de finos encontrada em um determinado rio.

Ao verificar os resultados de distúrbios humanos (Figura 6), em cada região estudada, verifica-se que Nova Ponte possui levemente mais distúrbios que Três Marias, porém houve, estatisticamente, rejeição deste fato. Pelos resultados da porcentagem de finos, conclui-se que a presença de ações antrópicas próximas aos trechos estudados não é capaz de explicar a concentração de partículas finas.

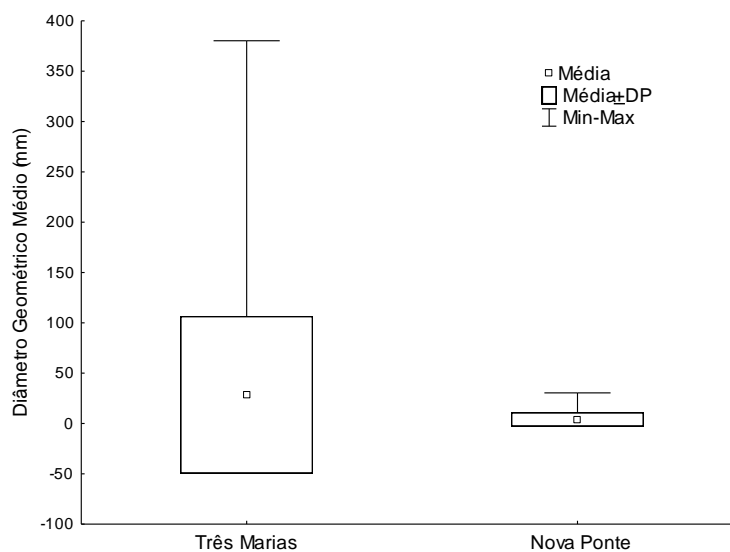


Figura 4: Diâmetro Geométrico Médio (mm) encontrado nos rios de Três Marias e Nova Ponte

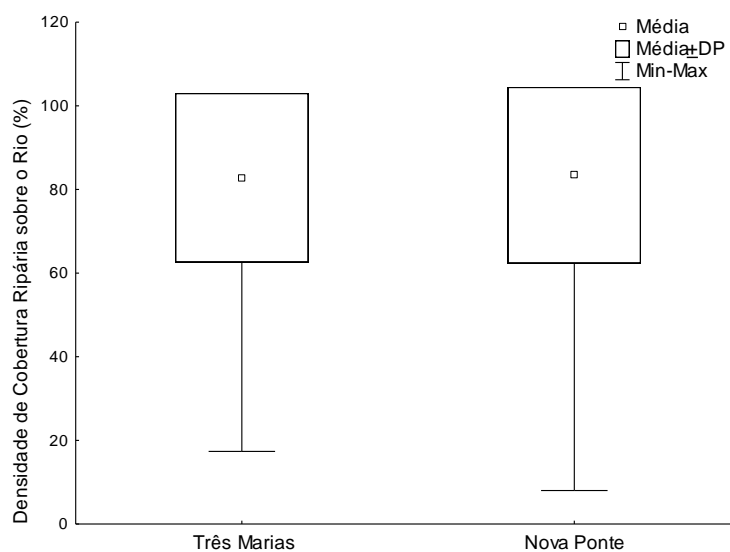


Figura 5: Densidade de Cobertura ripária sobre os rios (%) encontrada nos rios de Três Marias e Nova Ponte

Quanto à vazão (Figura 7), os rios de Três Marias apresentaram valores estatisticamente menores que os trechos de Nova Ponte apesar de possuírem a mesma classificação em ordem e precipitação média anual próxima (CBHSF, 2004). A menor vazão diminui a capacidade de “lavagem” dos sedimentos mais finos (Kaufmann *et al.*, 2008), o que pode explicar a alta concentração de finos nos rios desta região. Desta forma, o impacto antrópico da região de Três Marias pode estar relacionado com a retirada de água dos rios para irrigação da região, que apresenta temperaturas superiores a da região de Nova Ponte. Este fator influencia diretamente o

transporte de sedimentos da região, o que pode estar contribuindo para perda de volume útil do reservatório de Três Marias.

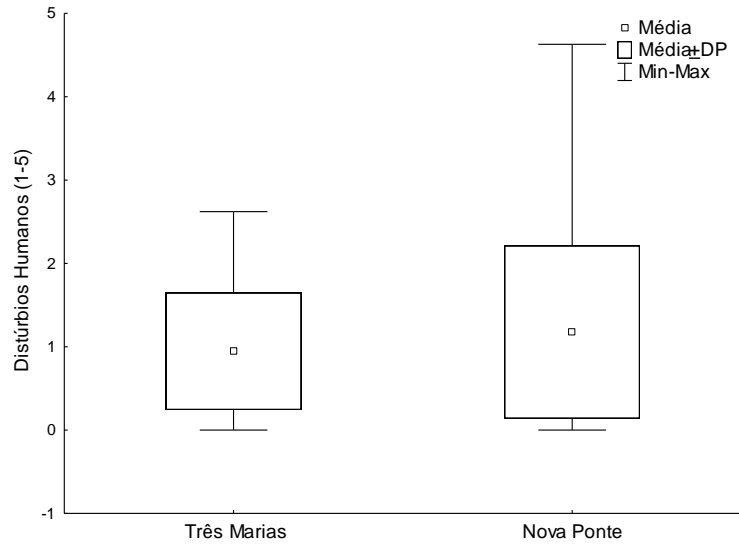


Figura 6: Distúrbios Humanos encontrados nos rios de Três Marias e Nova Ponte

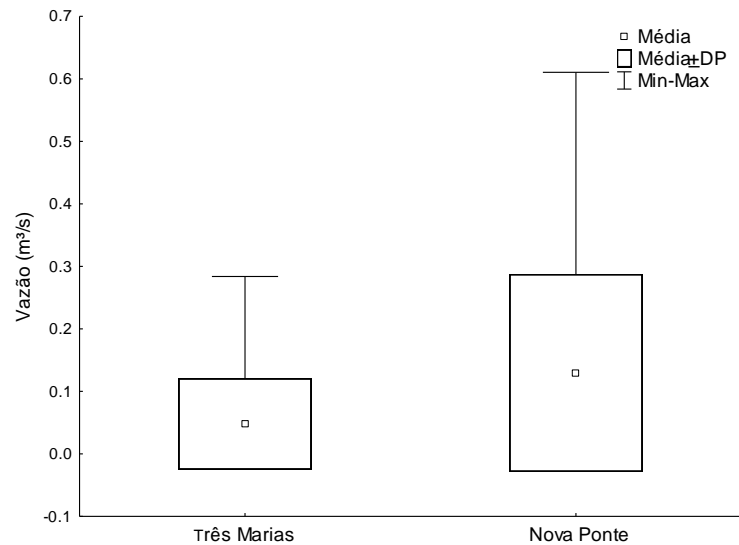


Figura 7: Vazão nos rios de Três Marias e Nova Ponte

CONCLUSÕES

A aplicação dos protocolos de avaliação rápida em cursos d'água gera uma fonte de dados efetivas para estudos sedimentológicas de trechos de rios. O cálculo das métricas permite uma maior abrangência das análises de diagnóstico dos processos erosivos.

As métricas de densidade de vegetação ripária e de distúrbios humanos não explicaram a diferença no transporte de sedimentos entre os rios de Três Marias e Nova Ponte. Já a vazão dos trechos medidos mostrou relação direta com os processos erosivos das regiões analisadas.

Desta forma, em rios de cabeceira (primeira e segunda ordem), a qualidade da água em relação ao transporte de sedimentos depende da gestão da quantidade de água de regiões localizadas a montante.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Interciência Rio de Janeiro- RJ, 642 p.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do São Francisco. Resumo Executivo*. Salvador- BA, 337 p.
- CEMIG — Companhia Energética de Minas Gerais (1995). *Usina Hidrelétrica de Nova Ponte. Projeto Executivo e Estudos Ambientais*. Belo Horizonte-MG, 89 p.
- FISRWG (1998). *Stream corridor restoration: principles, processes and practices*, Federal Interagency Stream Restoration Working Group.
- KAUFMANN, P.R.; FAUSTINI, J.M.; LARSEN, D.P. e SHIRAZIM, A.A. (2008). *Roughness Corrected Index of Relative Bed Stability for Regional Stream Surveys*. *Geomorphology*. Corvallis-OR pp. 150-170.
- KAUFMANN, P.R; LEVINE, P.; ROBISON, E. G.; SEELIGER, C. e PECK, D. V. (1999). *Quantifying Physical habitat in Wadeable Streams*. U. S. Environmental Protection Agency. Washington-DC.
- MADDOCK, I. (1999). The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, pp.373- 391.
- MARENGO, J. A. e VALVERDE, M. C. (2007). Caracterização do clima no Século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC. *Revista Multiciência* 8, pp. 5 -28.
- RODRIGUES, S. C. (2002). Impacts of Human Activity on Landscapes in Central Brazil: A Case Study in the Araguari Watershed. *Australian Geographical Studies* 40(2), pp.167–178.
- USEPA. (2004). *Wadeable Stream Assessment: Field Operations Manual*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Office of Research and Development, Washington - DC. 152 p.